

2. ASHRAE Handbook – Fundamentals (SI). ASHRAE's Online Bookstore, 2009.
3. Solvay Fluor. Solkane® 404A Thermodynamics. Solvay Fluor GmbH, 2009. 30 p.
4. Heun M. K., Dunn W. E. Performance and Optimization of Microchannel Condensers. University of Illinois, 1995.
5. Кэйс В. М., Лондон А. Л. Компактные теплообменники / пер. с англ. под ред. Ю. В. Петровского. М. : Энергия, 1967. 224 с.

УДК 697.922.26 + 533.697.3 + 004.942

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕЧЕНИЯ В ВОЗДУШНОМ ТРАКТЕ КОТЛА

NUMERICAL SIMULATION OF THE FLOW IN THE BOILER AIR INTAKE

Малинов Д. О., Зиганшин А. М., Шамсутдинов Т. Ф.
Казанский государственный архитектурно-строительный
университет, г. Казань
dmitry.malinov2016@yandex.ru, amziganshin@kgasu.ru

Malinov D. O., Ziganshin A. M., Shamsutdinov T. F.
Kazan state university of architecture and engineering, Kazan

Аннотация: В статье приводятся результаты численного моделирования течения в сложной области – элементе воздушного тракта настенного котла. Исследований такого рода очень мало, а геометрия расчетной области довольно специфична. По этой причине полученные результаты сложно сравнить, чтобы однозначно говорить о валидности, кроме того разные модели приводят к несколько разным результатам. Тем не менее, можно говорить, об образовании значительной вихревой зоны, что приводит к существенно более высокому сопротивлению при входе, чем для обычного поворота при таких же соотношениях размеров.

Abstract: The article presents the results of numerical simulation of the flow in a complex region - an element of the air intake of a wall-mounted boiler. There are

very few studies of this kind, and the geometry of the computational domain is rather specific. For this reason, the results obtained are difficult to compare in order to unequivocally speak about validity, in addition, different models lead to somewhat different results. Nevertheless, one can say about the formation of a significant vortex zone, which results in a much higher resistance at the entrance than for a conventional elbow with the same sizes.

Ключевые слова: численное моделирование, воздушный тракт котла, вихревая зона, сопротивление.

Key words: numerical simulation, boiler air intake, vortex zone, resistance.

Сейчас все чаще в инженерной практике, наряду с лабораторным и натурным экспериментом, используется эксперимент численный. Это позволяет снижать затраты при совершенствовании конструкции различных деталей и аппаратов. При компьютерном моделировании есть возможность практически без материальных затрат проверить большое количество вариантов усовершенствования элемента, выбрать несколько наиболее перспективных и провести более подробное их изучение в лаборатории. Таким образом, общее количество реализуемых в реальности моделей существенно меньше. Здесь нужно отметить обязательный этап верификации созданной компьютерной модели – проверку корректности получаемого решения, в том числе, устранение «сеточной зависимости», а также дальнейшую валидацию – сравнение полученного решения на тестовой модели с ранее известным достоверным результатом. Например, при моделировании течений в каналах различной конфигурации, удобно воспользоваться экспериментальными данными о коэффициентах местных сопротивлений, приведенными в известном справочнике [1].

В работе приводятся результаты исследования течений в области сложной геометрии, моделирующей входную часть воздушного тракта газового котла с закрытой камерой сгорания (рис. 1). Геометрия строится в препроцессоре *Gambit*, с максимально возможным для геометрии размером ячеек расчетной сетки, таким образом, чтобы сетка была равномерной, и ячейки имели квадратную

форму. Первоначальная сетка содержала 1965 ячеек, с размерами ячеек от 18,8 до 5,7 мм. Далее в процессоре *Fluent* устанавливались граничные условия: **AB** – входная граница с избыточным давлением равным нулю, **ED** – выходная граница с постоянной скоростью $v = 0,0123456$ м/с (рис. 1), $a=1$ м, $b=0,81$ м, $h=0,22$ м, $l=0,78$ м.

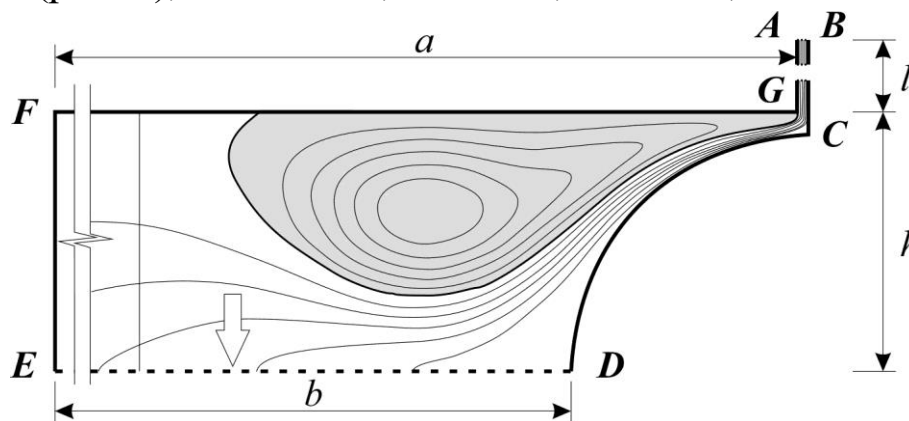


Рис. 1. Геометрия и характерные линии тока

Задача решалась в плоской постановке. Для замыкания уравнений движения Навье-Стокса осредненных по Рейнольдсу, использовались две модели турбулентности – «стандартная» k - ε (*SKE*) и модель «Рейнольдсовых напряжений» (*RSM*). Поскольку при моделировании течения в каналах существенным является моделирование пограничного слоя вдоль твердых границ, в работе исследуется также влияние используемых при расчете так называемых пристеночных моделей – «стандартных пристеночных функций» (*SWF*) и «расширенного пристеночного моделирования» (*EWT*). Для проверки влияния размеров ячеек расчетной сетки на получаемое численное решение, проводится последовательное измельчение ячеек (адаптация) в областях наибольшего изменения основных характеристик течения – в данном случае, поскольку сетка изначально очень мелкая первые две адаптации проводились по всей расчетной области, что было достаточно для хорошего разрешения сеткой области отрывной зоны, следующие адаптации были проведены в пристеночной области. В качестве контролируемого параметра используется коэффициент местного сопротивления (*КМС*), определяемый как отношение падения полного давления от сечения **AB** до сечения **ED** за вычетом потерь на трение в канале до

входа в камеру, к динамическому давлению, определенному по скорости в этом канале. На рис. 2 показано изменение КМС при измельчении сетки, а также при использовании разного сочетания моделей турбулентности и пристеночных функций.

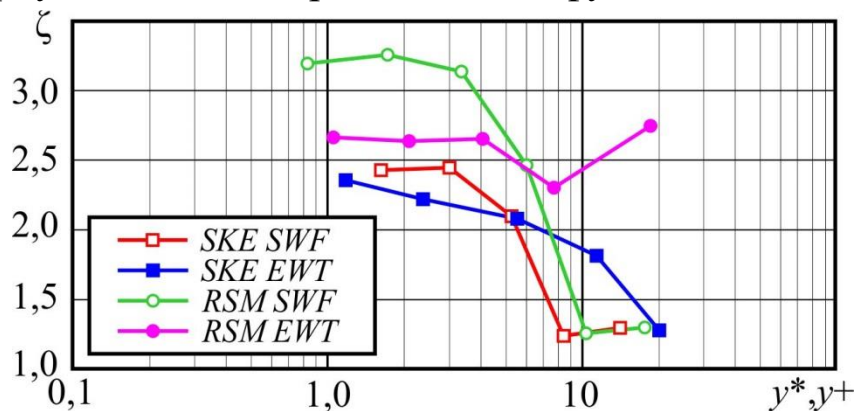


Рис. 2. Верификация задачи

По оси абсцисс отложен безразмерный параметр y^* и y^+ , характеризующий размер ячеек прилегающих к твердой стенки и показывающий степень разрешения погранслоя расчетной сеткой. В руководстве [2] указано, что при использовании модели *SWF* сетка должна быть такой чтобы $30 < y^* < 100$, а при использовании *EWT* – $1 < y^+ < 5$.

На рис. 2 видно, что при исходных размерах ячеек расчетной сетки КМС канала для всех исследованных сочетаний моделей (кроме *RSM EWT*) составляет около 1,3, и в диапазоне $10 < y^*, y^+ < 20$ сохраняется постоянной. Далее при измельчении эта величина скачком меняется до ~2,5 для модели *SKE* (обоих способов пристеночного моделирования – *SWF* и *EWT*), и $\zeta \sim 3,2$ для сочетания *RSM SWF*. Использование же сочетания моделей *RSM EWT* приводит к практически одинаковому КМС на всем диапазоне y^+ . В данном случае, поскольку нет достоверных данных, с которыми можно было бы сравнить полученные результаты нельзя сделать однозначный вывод о выборе сочетания моделей. Тем не менее, можно сказать, что при таком течении сопротивление существенно выше, чем при повороте на 90° , для которого КМС при таких размерах менее 0,79 [1].

Далее, на рис. 3, представлены результаты визуализации вихревых зон (ВЗ), образующихся при срыве потока с острых кромок.

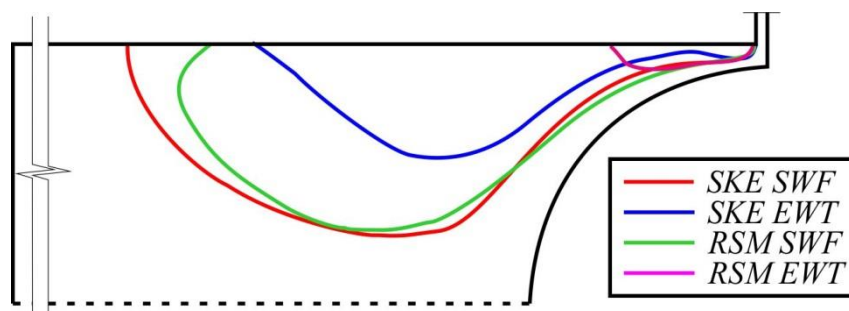


Рис. 3. Очертания вихревой зоны, при срыве с внутренней острой кромки при входе в камеру котла

Видно, что при использовании разных моделей очертания ВЗ существенно отличаются, что еще раз говорит о необходимости проведения дополнительных исследований. Но и позволяет сделать вывод о существовании большой зоны отрыва, приводящей к циркуляции в объеме камеры и к существенным потерям энергии. Определив достоверно очертания ВЗ, далее используя подход, разработанный в [3–5], можно сократить энергозатраты в этом фрагменте воздушного тракта котла.

Список использованных источников

1. Идельчик И. Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям / под ред. М. О. Штейнберга. М. : Машиностроение, 1992. 672 с.
2. Ansys Fluent 6.3 Documentation / 12.11.1 Near-Wall Mesh Guidelines. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.sharcnet.ca/Software/Fluent6/html/ug/node518.htm#sec-guidelines-wf> (дата обращения: 03.01.2017).
3. Соединительный фасонный элемент с профилирующими вставками : пат. 2604264 Рос. Федерация : МПК F16L 43/00, МПК F16L 25/14 / Зиганшин А. М., Алещенко И. С., Зиганшин М. Г. и др. ; заявитель и патентообладатель: Казанский гос. арх.-строит. университет. – № 2014137755/06 ; заявл. 17.09.14 ; опубл. 10.12.16, Бюл. № 34. – 13 с.
4. Зиганшин, А. М. Численное моделирование течения в двухмерном тройнике/ А. М. Зиганшин, В. Н. Посохин, Л. Н. Бадыхова, Г. А. Гимадиева // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2015. № 5 . С. 89–95.
5. Зиганшин А. М., Беляева Е. Э., Соколов В. А. Снижение потерь давления при профилировании острого отвода и отвода с нишей // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2017. № 1. С. 108–116.